

## Motor vehicle with flow-influencing devices to reduce air resistance

Patent Number:  US6378932

Publication date: 2002-04-30

Inventor(s): HACK ALBERT (AT); TIEFENBACHER RAINER (DE); ROSSMANITH RALF (DE); RUSSOW JOERG (DE); SCHWARZ VOLKER (DE); FASEL HERMANN (US)

Applicant(s): DAIMLER CHRYSLER AG (DE)

Requested Patent:  DE19912140

Application Number: US20000531693 20000320

Priority Number (s): DE19991012140 19990318

IPC Classification: B60J9/00

EC Classification: B62D35/00B, B62D35/00D, B62D35/00B2

Equivalents:  FR2791029,  GB2347903, ITRM20000136

### Abstract

A motor vehicle has an outer contour around which the headwind flows when driving has associated with it flow-influencing structure to reduce the air resistance of the motor vehicle is known. The flow-influencing structure are movably mounted in a vicinity of the outer contour and can be activated periodically with the aid of drive devices in order to introduce suitably time-dependent disturbances into the flow of the headwind in the vicinity of the flow-influencing structure

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 199 12 140 A 1**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 62 D 37/02**

**DE 199 12 140 A 1**

(21) Aktenzeichen: 199 12 140.0  
(22) Anmeldetag: 18. 3. 1999  
(43) Offenlegungstag: 28. 9. 2000

(71) Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:  
Hack, Albert, Dipl.-Ing., Graz, AT; Rossmannith, Ralf,  
Dipl.-Ing., 71720 Oberstenfeld, DE; Rußow, Jörg,  
Dipl.-Ing., 71120 Grafenau, DE; Schwarz, Volker, Dr.,  
73776 Altbach, DE; Tiefenbacher, Rainer, Dipl.-Ing.,  
71144 Steinenbronn, DE; Fasel, Hermann, Prof. Dr.,  
Tucson, Ariz., US

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 38 28 752 A1  
DE-OS 22 12 952  
US 52 89 997  
US 50 58 945  
US 49 25 236  
US 27 37 411  
WO 95 19 287

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Kraftfahrzeug mit Strömungsbeeinflussungsmitteln zur Reduzierung des Luftwiderstandes

(57) Ein Kraftfahrzeug mit einer im Fahrbetrieb von Fahrtwind umströmten Außenkontur, der Strömungsbeeinflussungsmittel zur Reduzierung des Luftwiderstandes des Kraftfahrzeuges zugeordnet sind, ist bekannt. Erfindungsgemäß sind Strömungsbeeinflussungsmittel im Bereich der Außenkontur beweglich angeordnet und mit Hilfe von Antriebsmitteln periodisch aktivierbar, um im Bereich der Strömungsbeeinflussungsmittel entsprechend zeitabhängige Störungen in die Fahrtwindströmung einzubringen. Einsatz für Personenkraftwagen.

**DE 199 12 140 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug mit einer Außenkontur, der Strömungsbeeinflussungsmittel zur Reduzierung des Luftwiderstandes des Kraftfahrzeugs zugeordnet sind.

Ein solches Kraftfahrzeug ist aus der US-PS 4 682 808 bekannt. Zur Reduzierung des Luftwiderstandes eines Kraftfahrzeuges mit Steilheck, vorzugsweise eines Lastkraftwagens, sind im Heckbereich verschiedene Vorschläge für die Anordnung von starr festgelegten Lufitleitelementen vorgesehen, die die Nachlaufströmung im Heckbereich des Kraftfahrzeugs beeinflussen.

Es ist auch bekannt (DE 38 37 729 A 1), zur Reduzierung des Strömungswiderstandes eines Kraftfahrzeugs im Heckbereich Ausblas- und Ansaugvorrichtungen vorzusehen, wobei die Ausblasvorrichtung ein stetiges Ausblasen von Luft mit hoher Geschwindigkeit und die Ansaugvorrichtung ein stetiges Ansaugen von entsprechend abgelenkter Luft im Totwasserbereich erzielen. Die Ausblas- und Ansaugvorrichtungen sind miteinander kombiniert, indem jeweils ein Gebläse sowohl zum Ansaugen als auch zum Ausblasen von Luft dient.

Aus der US-PS 5 209 438 ist es schließlich auf einem gatungsfremden Fachgebiet, dem Flugzeugbau, bekannt, im Wandgrenzschichtbereich der Umströmung eines Tragflügels oszillierend bewegliche Störelemente vorzusehen, um den Auftrieb des Tragflügels zu erhöhen. Alternativ sieht diese Druckschrift den oszillierenden Einsatz von Störelementen zur Erhöhung des Divergenzwinkels bei einem Diffusor vor.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Kraftfahrzeug der eingangs genannten Art zu schaffen, das einen gegenüber dem Stand der Technik reduzierten Luftwiderstand im Fahrbetrieb aufweist.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß als Strömungsbeeinflussungsmittel Mittel zur Beeinflussung von wenigstens einer kohärenten Wirbelstruktur im Bereich der Fahrzeugaubenströmung vorgesehen sind. Dadurch ist es möglich, den Luftwiderstand des Kraftfahrzeugs im Fahrbetrieb erheblich zu reduzieren. Diese Maßnahme ermöglicht es demzufolge auch, den Kraftstoffverbrauch des Kraftfahrzeugs zu senken. Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß an stumpfen Karosserieabschnitten des Kraftfahrzeugs, insbesondere im Heckbereich, jedoch auch im Bereich der Rückseite von Außenspiegeln oder anderen, stumpf gestalteten Karosserieabschnitten in dem jeweils abgelösten Außenströmungsbereich instationäre Wirbelstrukturen auftreten, die zu einer Druckminderung strömungswärts des jeweiligen Karosserieabschnittes und damit zu einer Widerstandserhöhung führen. In einem Heckbereich des Kraftfahrzeugs prägt die abgelöste Strömung im wesentlichen eine sogenannte Nachlaufströmung, die schon bei geringen Fahrgeschwindigkeiten turbulent ist. Auch rückseitig anderer stumpfer Karosserieabschnitte kann somit von einer Nachlaufströmung gesprochen werden. Je energetischer die Wirbelstrukturen in der Nachlaufströmung sind, um so größer ist der resultierende Luftwiderstand. Derartige abgelöste turbulenten Strömungen weisen kohärente Strukturen auf, in denen der größte Anteil der kinetischen Energie der Strömung konzentriert ist. Solche kohärenten Wirbelstrukturen in der turbulenten Nachlaufströmung führen zu entsprechenden Druckmiedrigungen. Somit sind nach Erkenntnis der Erfindung die kohärenten Wirbelstrukturen maßgeblich für den Druckwiderstand und damit für einen wesentlichen Anteil des gesamten Luftwiderstandes eines Kraftfahrzeugs. Die kohärenten Wirbelstrukturen entstehen als Konsequenz von hydrodynamischen Instabilitäten einer statistisch gemittelten Grundströmung. Durch entsprechende Mittel zur Bee-

cinflussung dieser kohärenten Wirbelstrukturen kann die Grundströmung verändert werden, wodurch sich die gesamte Dynamik verändert und eine energetisch günstigere Umströmung des Kraftfahrzeugs realisierbar ist. Dies wiederum hat eine Reduzierung des Luftwiderstandes zur Folge. Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, kontrolliert zeitabhängige Störungen in die Nachlaufströmung einzuleiten, um die Intensität der vorhandenen, kohärenten Wirbelstrukturen zu reduzieren bzw. um die Entstehung dieser Strukturen weiter stromabwärts des jeweiligen Karosserieabschnittes, insbesondere des Fahrzeughecks, zu verlagern. Durch gezielt eingebrachte Störungen mit Hilfe der Beeinflussungsmittel können kohärente Strukturen bei anderen dominanten Frequenzen entstehen als beim natürlichen Nachlauf. Durch Einbringen großamplitudiger Störungen kann die statistisch gemittelte Nachlaufströmung so verändert werden, daß die gemittelte Nachlaufströmung im hydrodynamischen Sinne stabiler ist und somit die Entstehung der energetischen kohärenten Strukturen des natürlichen Nachlaufs verhindert bzw. reduziert oder räumlich verlagert wird. Zusätzlich oder alternativ ist es vorteilhaft, in Wandgrenzschichten kontrollierte zeitabhängige Störungen einzuleiten, um eine Ablösung der Strömung in Bereichen mit positivem Druckgradienten in Strömungsrichtung zu verhindern. Durch das Einleiten der Störungen kann der Energieaustausch zwischen wandnahen Schichten und der Außenströmung wesentlich verbessert werden. Somit können anliegende Strömungen mit deutlich größeren Druckgradienten in Hauptströmungsrichtung als im ungestörten Fall realisiert werden. Durch den Einsatz von Heckeinzügen mit verstärkten Druckgradienten kann bis zum Fahrzeugheck ein größerer Druckrückgewinn und damit ein reduzierter Luftwiderstand realisiert werden. Außerdem ist die dann im Nachlauf auftretende, statistisch gemittelte Nachlaufströmung hydrodynamisch weniger instabil, wodurch weniger intensive kohärente Strukturen im Nachlauf auftreten und so der Luftwiderstand weiter reduziert wird.

In Ausgestaltung der Erfindung sind die Strömungsbeeinflussungsmittel beweglich im Bereich der Außenkontur angeordnet und mit Hilfe von Antriebsmitteln periodisch aktivierbar, um im Bereich der Strömungsbeeinflussungsmittel entsprechend zeitabhängige Störungen in die Fahrtwindströmung einzubringen. Diese Ausgestaltung gewährleistet eine weiter verbesserte Strömungsdynamik und somit eine energetisch günstigere Umströmung des Kraftfahrzeugs. Da die Strömungsbeeinflussungsmittel durch die Antriebsmittel aktivierbar sind, ist die Umströmung des Kraftfahrzeugs aktiv beeinflußbar. Das Vorsehen von im wesentlichen statuar ausgerichteten Strömungsbeeinflussungsmitteln hingegen, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt sind, stellt eine passive Maßnahme zur Beeinflussung der Umströmung des Kraftfahrzeugs dar, die mit der erfahrungsgemäßen Lösung und der beschriebenen Ausgestaltung nicht vergleichbar ist.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung weisen die Antriebsmittel eine Steuereinheit auf, die eine Änderung der periodischen Aktivierung der Strömungsbeeinflussungsmittel abhängig von der Fahrgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs durchführt. Dadurch ist es möglich, die Frequenz der Aktivierung der Strömungsbeeinflussungsmittel immer an die jeweilige Strömungsgeschwindigkeit des Fahrtwindes und der Umströmung des Kraftfahrzeugs anzupassen, so daß bei allen Fahrgeschwindigkeiten jeweils ein reduzierter Luftwiderstand erzielbar ist.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind die periodisch aktivierbaren Strömungsbeeinflussungsmittel mit passiven Strömungsleitmitteln im Bereich der Außenkontur kombiniert. Die passiven Strömungsleitmittel wie auch die

periodisch aktivierbaren Strömungsbeeinflussungsmittel können sowohl im Heckbereich als auch an anderen Bereichen der Außenkontur des Kraftfahrzeugs vorgesehen sein. Durch die Kombination von aktiven und passiven Maßnahmen zur Beeinflussung der Fahrzeugumströmung wird eine weiter verbesserte Reduzierung des Luftwiderstandes erreicht.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind die periodisch aktivierbaren Strömungsbeeinflussungsmittel in einem Heckbereich des Kraftfahrzeugs zur Störung einer Nachlaufströmung angeordnet. Durch das Einbringen der kontrolliert zeitabhängigen Störungen in die Nachlaufströmung ist es möglich, die Intensität von vorhandenen Wirbelstrukturen zu reduzieren oder die Entstehung solcher Wirbelstrukturen weiter stromabwärts des Kraftfahrzeugecks zu verlagern. Dabei ist es auch möglich, durch Einbringen von großamplitudigen Störungen eine statistisch gemittelte Nachlaufströmung so zu verändern, daß die entsprechende Nachlaufströmung im hydrodynamischen Sinne stabiler ist und die Entstehung von energetischen, kohärenten Strukturen des natürlichen Nachlaufes verhindert, reduziert oder räumlich verlagert wird.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind die periodisch aktivierbaren Strömungsbeeinflussungsmittel in vor dem Heckbereich angeordneten Außenkonturbereichen zur Störung von Wandgrenzschichten der Fahrzeugumströmung angeordnet. Dadurch ist es möglich, eine Ablösung der Fahrzeugumströmung in Bereichen mit positivem Druckgradienten in Strömungsrichtung zu verhindern. Durch das Vorsehen der Störungen kann der Energieaustausch zwischen wandnahen Schichten und einer Außenströmung der Fahrzeugumströmung wesentlich verbessert werden. Die Beeinflussung der Wandgrenzschichten in Außenkonturbereichen des Kraftfahrzeuges gewährleistet zudem eine Veränderung der natürlichen Nachlaufströmung im Heckbereich, wobei die veränderte Nachlaufströmung hydrodynamisch eine höhere Stabilität aufweist. Die Ausgestaltung gewährleistet somit zum einen eine Reduzierung des Luftwiderstandes durch eine Erhöhung des Drucks in Hauptströmungsrichtung bereits vor dem Ende des Kraftfahrzeugs und zum anderen eine positive Veränderung der Nachlaufströmung, wodurch ein weiter reduzierter Luftwiderstand erzielbar ist.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind mehrere Strömungsbeeinflussungsmittel über den Heckabschlussbereich verteilt angeordnet, die gleich- oder gegenphasig zusammen periodisch aktivierbar sind. Die Aktivierung kann dabei derart erfolgen, daß umlaufende Störungen erzielbar sind.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist als Strömungsbeeinflussungsmittel wenigstens ein beweglich gelagertes, formstables Luftleitelement vorgesehen. Dies ist eine einfach realisierbare Ausgestaltung.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind als Strömungsbeeinflussungsmittel Ausblas- und/oder Ansaugvorrichtungen vorgesehen, deren Ausblas- und/oder Ansaugöffnungen in der Außenkontur integriert sind. Diese Ansaugöffnungen können eine Vielzahl von verschiedenen Formen, insbesondere kreisrunde, eckige Durchtritte oder schmale Schlitze bilden. Die Ansaugöffnungen können zudem durch Membranen überdeckt sein, so daß die Ausblas- und/oder Ansaugvorrichtungen nicht direkt Luftströme zur Störung einsetzen, sondern lediglich zur balgartigen Betätigung und Bewegung entsprechend flexibler Membranen dienen. Die Membranen können jedoch auch luftdurchlässig sein, so daß sich ausblas- und ansaugbare Luftströme ergeben.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben

sich aus den Ansprüchen sowie aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung, die anhand der Zeichnungen dargestellt sind.

Fig. 1 zeigt schematisch in einer Seitenansicht eine erste Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeuges,

Fig. 2 in vergrößerter Darstellung einen Ausschnitt eines Heckbereiches des Kraftfahrzeugs nach Fig. 1,

Fig. 3 in vergrößerter Darstellung eine Antriebseinheit 10 zur periodischen Schwenkbewegung eines Luftleitelementes nach Fig. 2,

Fig. 4 eine weitere Antriebseinheit einer Ausblas- und Ansaugvorrichtung, die als Strömungsbeeinflussungsmittel dient,

Fig. 5 einen Heckbereich einer weiteren Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeugs,

Fig. 6 schematisch eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeugs,

Fig. 7 eine Seitenansicht des Kraftfahrzeugs nach Fig. 6, 20 Fig. 8 in perspektivischer Darstellung einen Heckbereich einer weiteren Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeugs,

Fig. 9 in einer Darstellung ähnlich Fig. 8 eine weitere Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeuges,

Fig. 10 einen Heckbereich einer weiteren Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeugs mit einem schraffierten Anordnungsbereich für wenigstens ein als Strömungsbeeinflussungsmittel dienendes Luftleitelement,

Fig. 11 einen Heckbereich einer weiteren Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeugs,

Fig. 12 eine weitere Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeugs ähnlich Fig. 11,

Fig. 13 bis 16 in jeweils gleichen Seitenansichten vier weitere Ausführungsformen von erfundsgemäßen Kraftfahrzeugen,

Fig. 17 eine Heckansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeugs, das mit länglichen und parallelen Ausblas- und Ansaugmembranen 40 versehen ist,

Fig. 18 eine weitere Heckansicht eines Kraftfahrzeugs ähnlich Fig. 17, bei dem die Membranen vertikal parallel zueinander ausgerichtet sind,

Fig. 19 eine Heckansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeugs, bei dem die Membranen im Randbereich des Heckbereiches umlaufend angeordnet sind,

Fig. 20 eine weitere Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeugs ähnlich Fig. 20,

Fig. 21 eine weitere Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeugs ähnlich Fig. 19 und 20,

Fig. 22 in einer Heckansicht eine weitere Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeugs, wobei der Heckbereich mit Luftausblas- und -ansaugöffnungen versehen ist,

Fig. 23 eine weitere Ausführungsform eines erfundsgemäßen Kraftfahrzeugs mit oberen und unteren Heckeinlässen,

Fig. 24 ein Kraftfahrzeug ähnlich Fig. 23,

Fig. 25 ein Kraftfahrzeug ähnlich den Fig. 23 und 24,

Fig. 26 ein Kraftfahrzeug in Form eines Stufenheck-Personenkraftwagens, der verschiedene Bereiche zur möglichen Anordnung von Strömungsbeeinflussungsmitteln aufweist,

Fig. 27 eine Draufsicht auf den Personenkraftwagen nach Fig. 26, und

Fig. 28 den Personenkraftwagen nach den Fig. 26 und 27 mit einem weiteren Anordnungsbereich für Strömungsbe-

einflussungsmittel.

Ein Kraftfahrzeug in Form eines Personenkraftwagens 1 nach Fig. 1 ist mit einem Heckbereich 2 versehen, der als Steilheck gestaltet ist. Am Übergang des Heckbereiches 2 zu einem Dachbereich ist als passives Strömungsbeeinflussungsmittel eine Luftleitkante 3 vorgesehen. Die Luftleitkante 3 ist Teil der Fahrzeugkarosserie des Personenkraftwagens 1. Zusätzlich ist an der Luftleitkante 3 ein aktives Strömungsbeeinflussungsmittel in Form eines Luftleitflügels 4 um eine horizontale Schwenkachse 5 schwenkbeweglich gelagert. Der Luftleitflügel 4 ist im Fahrbetrieb des Personenkraftwagens 1 periodisch auf- und abbeweglich gelagert (siehe Pfeilrichtung), wobei die Frequenz der periodischen Schwenkbewegung des Luftleitflügels 4 an die Fahrgeschwindigkeit des Personenkraftwagens 1 angepaßt wird. Als Antriebsmittel zur Aktivierung der periodischen Schwenkbeweglichkeit des Luftleitflügels 4 ist ein Elektromotor 9 in Form eines Schrittmotors vorgesehen, der mittels eines Kurbeltriebes 8 (Fig. 3) über einen Bowdenzug 6, 7 an dem Luftleitflügel 4 angelenkt ist (Fig. 2). Der als Antriebsmittel dienende Elektromotor 9 ist durch eine Steuereinheit S stufenlos steuerbar, die im Personenkraftwagen 1 integriert ist. Die Steuereinheit S ist mit einem Fahrgeschwindigkeitssensor 10 verbunden, dessen die momentane Fahrgeschwindigkeit erfassende Signale die Steuereinheit S laufend auswertet und entsprechende Steuerbefehle an den Elektromotor 9 weitergibt. Die Steuereinheit S ist mit einem Datenspeicher versehen, der bestimmten Strömungsgeschwindigkeiten der Fahrzeugumströmung geeignete Störungsfrequenzen für den Luftleitflügel 4 zuordnet. Abhängig von der jeweiligen Fahrgeschwindigkeit und der daraus resultierenden Fahrzeugumströmung mit Fahrtwind wird somit eine entsprechende Änderung der Frequenz der Schwenkbewegung des Luftleitflügels 4 erzielt.

In nicht dargestellter Weise ist es auch möglich, die Amplitude der periodischen Schwenkbewegung des Luftleitflügels 4 fahrgeschwindigkeitsabhängig zu ändern. Für diesen Fall sind geeignete Antriebsmittel vorgesehen, mittels derer der Schwenkwinkel des Luftleitflügels 4 veränderbar ist.

Die durch den Elektromotor 9 und den Kurbeltrieb 8 gebildete Antriebsseinheit ist in gleicher Weise auch für die Aktivierung weiterer Strömungsbeeinflussungsmittel einsetzbar, die als Ansaug- und Ausblaselemente in nachfolgend näher beschriebener Weise der Außenkontur eines Kraftfahrzeugs zugeordnet ist. Dabei greift der Kurbeltrieb 8 an einer Kolbenstange eines Kolbens 10 gemäß Fig. 4 an, der in einem Ansaug- und Ausblaszylinder 11 linearbeweglich gelagert ist. Stirnseitig schließt an den Ansaug- und Ausblaszylinder 11 ein Schlauch 12 an, dessen offenes Stirnende an geeigneter Stelle der Außenkontur des Kraftfahrzeugs eine entsprechende Luftaußblas- und -ansaugöffnung bildet. Entsprechende, durch den Kurbeltrieb 8 und den Elektromotor 9 verursachte Pumpbewegungen des Kolbens 10 bewirken somit periodische, alternierende Ansaug- und Ausblasvorgänge im Bereich der entsprechenden Außenkonturöffnung. Durch das Ansaugen und Ausblasen von Luft im Außenkonturbereich des Kraftfahrzeugs erfolgt in gleicher Weise wie bei der periodischen Beweglichkeit eines Luftleitelementes eine aktive Beeinflussung der Umströmung des Kraftfahrzeugs, die in gleicher Weise fahrgeschwindigkeitsabhängig verändert werden kann.

Die hier beschriebenen Ausführungen zur periodischen Aktivierung entsprechender Strömungsbeeinflussungsmittel sind lediglich beispielhaft ausgewählt, ohne eine beschränkende Wirkung zu haben. Selbstverständlich können auch entsprechend anders gestaltete und aufgebauten Antriebsmittel zur periodischen Aktivierung der Strömungsbeeinflussungsmittel vorgesehen sein.

Nachfolgend werden anhand einer Vielzahl von Ausführungsbeispielen der Erfindung verschiedene geeignete Anordnungen und Ausführungen von aktiven Strömungsbeeinflussungsmitteln dargestellt, die teilweise mit passiven Strömungsbeeinflussungsmitteln kombiniert sind. Erfindungsgemäß können alle dargestellten aktiven Strömungsbeeinflussungsmittel mit beliebigen, geeigneten passiven Strömungsbeeinflussungsmitteln kombiniert sein. Insbesondere können die aktiven Strömungsbeeinflussungsmittel gemäß der Erfindung mit entsprechenden Ausführungsformen von passiven Strömungsbeeinflussungsmitteln an Kraftfahrzeugen kombiniert werden, wie sie aus dem US-Patent 4 682 808 bekannt sind.

Die nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiele über die Anordnung und Ausgestaltung von aktiven Strömungsbeeinflussungsmitteln sind ohne die jeweils zugehörigen Antriebsseinheiten zur periodischen Aktivierung dieser Strömungsbeeinflussungsmittel dargestellt. Je nach Gestaltung dieser Strömungsbeeinflussungsmittel sind diese mit Antriebsseinheiten nach den Fig. 1 bis 4 oder mit anderen oszillierenden Antriebsmitteln versehen, wie sie zuvor angesprochen wurden.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 ist an einem stumpfen Heck 2a eines Kraftfahrzeuges 1a in Form eines Lastkraftwagens ein dem Luftleitflügel 4 nach den Fig. 1 und 2 entsprechender Luftleitflügel 4a angeordnet, der sich über wenigstens einen Teil der Fahrzeugsbreite erstreckt. Der Luftleitflügel 4a ist als Strömungsbeeinflussungsmittel derart beweglich am Heckbereich 2a des Kraftfahrzeuges 1a angeordnet, daß er periodische Bewegungen durchführen kann. Die periodische Bewegung kann dabei durch eine Schwenkbewegung oder auch durch eine parallele Auf- und Abbewegung des Luftleitflügels 4a erzielt werden. Je nach gewünschter Bewegung des Luftleitflügels 4a ist dieser linearbeweglich oder schwenkbeweglich gelagert. Die zur Aktivierung entsprechender periodischer Bewegungen des Luftleitflügels 4a eingesetzte Erregerfrequenz ist eine Funktion der Fahrgeschwindigkeit.

Bei einem weiteren Kraftfahrzeug 1b gemäß den Fig. 6 und 7 sind zwei Luftleitflügel 4b an gegenüberliegenden, seitlichen Außenkanten des Heckbereiches 2b angeordnet. Diese beiden Luftleitflügel 4b werden ebenfalls periodisch aktiviert und bewegt, wobei sie gleichphasig oder gegenphasig bewegt werden können. Auch die Luftleitflügel 4b können sich über einen Teilbereich der Fahrzeughöhe oder über die gesamte Fahrzeughöhe erstrecken.

Ein Kraftfahrzeug 1c gemäß Fig. 8 weist in seinem Heckbereich 2c insgesamt drei Luftleitflügel 4c auf, die als aktive Strömungsbeeinflussungsmittel analog den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen periodisch beweglich sind. Dabei ist ein Luftleitflügel 4c gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 horizontal am Übergang zwischen Dachbereich und Heckbereich angeordnet. Die beiden anderen Luftleitflügel sind entsprechend den Luftleitflügeln 4b nach den Fig. 6 und 7 an gegenüberliegenden Seiten den Außenkanten des Heckbereiches 2c zugeordnet.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 9 ist im Heckbereich 2d eines Kraftfahrzeuges 1d zusätzlich zu den drei Luftleitflügel gemäß Fig. 8 ein weiterer Luftleitflügel am Übergang zwischen Fahrzeugboden und Heckbereich 2d angeordnet. Alle vier Luftleitflügel 4d sind in verschiedenen Variationen gleich- oder gegenphasig beweglich, wobei sich durch entsprechend versetzte Aktivierungen der Luftleitflügel 4d umlaufende Störungen der Nachlaufströmung des Kraftfahrzeugs 1d im Heckbereich 2d erzielen lassen. Auch pendelnde Störungen können je nach Gestaltung der Phasen zwischen den Aktivierungen und periodischen Bewegungen der Luftleitflügel 4d in die Nachlaufströmung

eingebracht werden.

Bei den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen wurden die Luftleitflügel in Verlängerung der jeweiligen Kanten des Heckbereiches 2d angeordnet. Vorteilhaft kann ein entsprechender Luftleitflügel 4e, der periodisch aktivierbar ist, jedoch auch in einem größeren, schraffierten Bereich gemäß Fig. 10 mittels entsprechender Halterungen relativ zum Heckbereich 2e angeordnet werden. Der schraffierte Anordnungsbereich erstreckt sich in Fahrzeuglängsrichtung über die Länge des Betrages der Fahrzeughöhe h, wobei die Hälfte des Anordnungsbereiches sich vom Steilheck 2e ausgehend in Fahrzeuglängsrichtung nach vorne und die andere Hälfte des Anordnungsbereiches in Fahrzeuglängsrichtung nach hinten erstreckt. Der vorteilhafte Anordnungsbereich für einen entsprechenden Luftleitflügel 4e oder ein anders gestaltetes aktives Strömungsbeeinflussungsmittel erstreckt sich zudem von der Heckabrißkante am Übergang zwischen Dachbereich und Steilheck 2e um 0,1 mal die Fahrzeughöhe h nach unten und um 0,3 mal die Fahrzeughöhe h in Fahrzeughochrichtung nach oben.

Anstelle von Luftleitflügeln gemäß den Ausführungsformen nach den Fig. 5 bis 10 sind bei anderen Kraftfahrzeugen 1f, 1g gemäß den Fig. 11 und 12 periodisch bewegliche Luftleitklappen 4f, 4g vorgesehen, die die Störungsanregung der Nachlaufströmung bewirken.

Anstelle von formstabilen Strömungsbeeinflussungsmitteln in Form von Luftleitprofilen, Luftleitklappen, Luftleitkanten und ähnlichem, die entsprechend periodisch beweglich gelagert sind, ist es auch möglich, als aktive Strömungsbeeinflussungsmittel gemäß den Fig. 13 bis 16 flexible Membranen 4h, 4j, 4k, 4l vorzusehen, die entsprechende Luftansaug- und -ausblasöffnungen überdecken und fahrzeuginnenseitig durch entsprechende Luftausblas- und Luftansaugvorrichtungen nach außen aufgebläht oder nach innen eingezogen werden. Geeignete Ansaug- und Ausblasvorrichtungen können analog der Vorrichtung nach Fig. 4 gestaltet sein. Auch die Membranen 4h bis 4l werden fahrgeschwindigkeitsabhängig periodisch gemäß Pfeilrichtung bewegt, indem sie in definierten Frequenzen nach außen aufgeblasen oder nach innen eingezogen werden. Die Membranen 4h bis 4l überdecken dazu entsprechende Luftauslaß- und Lufteinlaßöffnungen, die sie luftdicht verschließen. Bei einer entsprechenden Antriebseinheit und einer Luftansaug- und -ausblasvorrichtung gemäß Fig. 4 wird somit ein Luftpolster alternierend nach außen gedrückt oder nach innen eingezogen, wodurch sich die Bewegung der Membranen 4h bis 4l ergibt. Die Membranen 4h bis 4l können großflächig, kleinflächig oder schmal gestaltet sein, wobei entweder lediglich eine einzelne Membran oder mehrere Membranen an entsprechenden Stellen zur Störung der Nachlaufströmung vorgesehen sein können. Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 13 erstreckt sich eine Membran 4h über die gesamte Fahrzeughöhe vor einer Heckabrißkante im Dachbereich, die somit neben der Störung der Nachlaufströmung die Störung entsprechender Wandgrenzschichten der Fahrzeugströmung vornimmt. Beim Kraftfahrzeug 1j nach Fig. 14 erstreckt sich eine Membran 4j über die gesamte Fläche des Kraftfahrzeughecks. Beim Kraftfahrzeug 1k gemäß Fig. 15 ist eine kleinere Membran 4k auf Höhe eines Totwasserbereiches des Kraftfahrzeughecks vorgesehen. Das Kraftfahrzeug 1l weist in seinem Heckbereich gemäß Fig. 16 mehrere, über den Heckbereich verteilt angeordnete Membranen 4l auf. Die Membranen sind vorzugsweise zumindest weitgehend quer zu einer Hauptströmungsrichtung der Fahrtwindumströmung angeordnet.

Je nach gleich- oder versetzphasiger Ansteuerung der Membranen können laufende Wellen auf der Heckfläche erzeugt werden.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 17 sind ebenfalls Membranen 4l für ein Heck des Kraftfahrzeugs 1l vorgesehen, die sich streifenförmig horizontal über die Fläche des Heckbereiches erstrecken. Diese Membranen 4l sind jedoch luftdurchlässig, indem sie mit entsprechenden Längsschlitten oder anders gestalteten Perforationen versehen sind. Neben der Bewegung der Membranen 4l selbst wird somit bei diesem Ausführungsbeispiel die Störung der Nachlaufströmung auch durch entsprechende Luftströmungsausstöße oder Ansaugvorgänge erzielt, die ebenfalls periodisch aktiviert werden. Alternativ ist es auch möglich, keine flexible Membranen einzusetzen, sondern lediglich Luftaustritts- und -ansaugschlitze oder anders gestaltete Austritts- und/oder Ansaugöffnungen vorzusehen. Als Strömungsbeeinflussungsmittel, die entsprechend periodisch aktiviert werden, dienen dann direkt die entsprechenden, periodischen Luftströmungsausstöße und/oder -ansaugvorgänge.

Bei den Ausführungsbeispielen nach den Fig. 18 bis 21 weisen entsprechende Kraftfahrzeuge 1m bis 1p in ihren Heckbereichen 2m bis 2p solche Längsschlitte auf, die alternierende Luftausstoß- und -ansaugvorgänge bewirken. Die Längsschlitte 4m bis 4p sind jeweils am Heckbereich 2 m bis 2p in der Außenkontur des Kraftfahrzeugs integriert und über entsprechende Strömungskanäle mit als Antriebsmittel dienenden, geeigneten Pumpeninrichtungen verbunden.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 22 sind als Luftansaug- und Luftausblasöffnungen eine Vielzahl von kreisrunden Durchtritten 4q im Heckbereich 2q des Kraftfahrzeugs 1q vorgesehen, die jeweils mit entsprechenden Strömungskanälen oder Leitungen im Fahrzeuginnenraum in Verbindung stehen. Auch bei den Ausführungsformen nach den Fig. 18 bis 22 können Membranen vorgesehen sein, die luftdurchlässig oder dicht die Öffnungen überdecken.

Neben dem beschriebenen Ausblasen oder Absaugen, das im zeitlichen Mittel masseneutral durch einen kolbenartigen Antrieb erfolgt, ist es auch möglich, das Ausblasen und/oder Absaugen durch einen Nettomassenfluß zu verwirklichen, wobei einem kontinuierlichen Volumenstrom ein Pulsieren überlagert wird.

Bei den Ausführungsbeispielen nach den Fig. 23 bis 25 sind den Kraftfahrzeugen 1r, 1s, 1t aktive Strömungsbeeinflussungsmittel 4r, 4s, 4t zugeordnet, wie sie anhand der vorhergehenden Ausführungsbeispielen beschrieben worden sind. Bei den Ausführungsbeispielen nach den Fig. 23 bis 25 sind diese aktiven Strömungsbeeinflussungsmittel durch passive Strömungsbeeinflussungsmittel in Form von oberen und unteren Heckkeinzügen 13, 14 kombiniert. Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 23 ist zudem am Übergang zwischen dem Fahrzeughoden und dem Heckenzug 14 ein weiterer Luftleitflügel 15 vorgesehen, der ebenfalls periodisch beweglich ist. Vorteilhaft sind entsprechende aktive Strömungsbeeinflussungsmittel 4r, 15 in einem Bereich vor den Heckkeinzügen 13, 14 angeordnet, der in seiner Länge etwa der halben Fahrzeughöhe entspricht.

Die zuvor beschriebenen, periodisch beweglichen sowie gegebenenfalls mit passiven, stationären Strömungsleitmitteln kombinierten aktiven Strömungsbeeinflussungsmittel können auch bei Stufenheckfahrzeugen 1u gemäß den Fig. 26 bis 28 vorgesehen werden. Bevorzugte Bereiche, um frühzeitig Strömungsablösungen zu verhindern, sind dabei der Dachbereich 15, der Heckscheibenbereich 16, ein Heckdeckelbereich a auf Höhe des Heckdeckels 17 und ein Fahrzeughodenbereich b wie auch seitliche Heckenzugbereiche c. Der Heckscheibenbereich d befindet sich am Übergang zwischen Dachbereich 15 und Heckscheibe 16 gemäß Fig. 27. Eine geeignete Anordnung der Strömungsbeeinflussungsmittel ist zudem im Heckbereich e gemäß Fig. 28 vor-

# DE 199 12 140 A 1

9

geschen. Entsprechende aktive und passive Strömungsbeeinflussungsmittel können alternativ oder kumulativ in den genannten Bereichen positioniert sein.

Die zuvor beschriebenen Strömungsbeeinflussungsmittel können Teil einer Vorrichtung zur Reduzierung des Luftwiderstandes bei Kraftfahrzeugen sein, die in geeigneter Weise in ein Kraftfahrzeug eingebaut oder an einem Kraftfahrzeug angebaut wird. Diese Vorrichtung stellt somit eine eigenständige, vom Kraftfahrzeug separat herzustellende Einheit dar, die nach Fertigstellung des Kraftfahrzeugs mit diesem verbunden werden kann. Bei den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen hingegen waren die Teile einer solchen Vorrichtung integrale Bestandteile des Kraftfahrzeugs, die bei der Herstellung und Konzeption des Kraftfahrzeugs bereits berücksichtigt werden. 15

## Patentansprüche

1. Kraftfahrzeug mit einer Außenkontur, der Strömungsbeeinflussungsmittel zur Reduzierung des Luftwiderstandes des Kraftfahrzeugs zugeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß als Strömungsbeeinflussungsmittel Mittel (4, 4a bis 4t, 15) zur Beeinflussung von wenigstens einer kohärenten Wirbelstruktur im Bereich der Fahrzeugaubenströmung vorgesehen sind. 20
2. Kraftfahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsbeeinflussungsmittel (4, 4a bis 4t, 15) beweglich im Bereich der Außenkontur angeordnet und mit Hilfe von Antriebsmitteln (6 bis 12) periodisch aktivierbar sind, um im Bereich der Strömungsbeeinflussungsmittel (4, 4a, bis 4t, 15) entsprechend zeitabhängige Störungen in die Fahrtwindströmung einzubringen. 25
3. Kraftfahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsmittel (6 bis 12) eine Steuer-Einheit (S) aufweisen, die eine Änderung der periodischen Aktivierung der Strömungsbeeinflussungsmittel abhängig von Fahrgeschwindigkeitsänderungen des Kraftfahrzeugs durchführt. 35
4. Kraftfahrzeug nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die periodisch aktivierbaren Strömungsbeeinflussungsmittel mit passiven Strömungsleitmitteln (3, 13, 14) im Bereich der Außenkontur kombiniert sind. 40
5. Kraftfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die periodisch aktivierbaren Strömungsbeeinflussungsmittel (4, 4a bis 4t, 15) in einem Heckbereich des Kraftfahrzeugs zur Störung einer Nachlaufströmung angeordnet sind. 45
6. Kraftfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die periodisch aktivierbaren Strömungsbeeinflussungsmittel (4, 4a bis 4t, 15) in vor dem Heckbereich angeordneten Außenkonturbereichen zur Störung von Wandgrenzschichten der Fahrzeugumströmung angeordnet sind. 50
7. Kraftfahrzeug nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung der Strömungsbeeinflussungsmittel (4, 4a bis 4t, 15) in Außenkonturbereichen zwischen halber Fahrzeuglänge und Fahrzeugheck vorgesehen ist. 60
8. Kraftfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Personenkraftwagen (1q) mit Stufenheck die Strömungsbeeinflussungsmittel in einem rückwärtigen Bereich (b) und/oder in einem Heckscheibenbereich (d) und/oder in einem Heckdeckelbereich (a) und/oder in Heckseitenbereichen (c) und/oder in einem Heckabschlußbereich (e) und/oder in einem Heckbodenbereich (b) an-

10

geordnet sind.

9. Kraftfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Strömungsbeeinflussungsmittel (4b, 4c, 4d, 4l, 4m, 4n, 4o, 4p, 4q) über den Heckabschlußbereich (2b, 2c, 2d, 2m, 2n, 2o, 2p, 2q) verteilt angeordnet sind, die gleich- oder gegenphasig zueinander periodisch aktivierbar sind.

10. Kraftfahrzeug nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die gleich- oder gegenphasige Aktivierung derart gestaltbar ist, daß umlaufende Störungen erzielt werden.

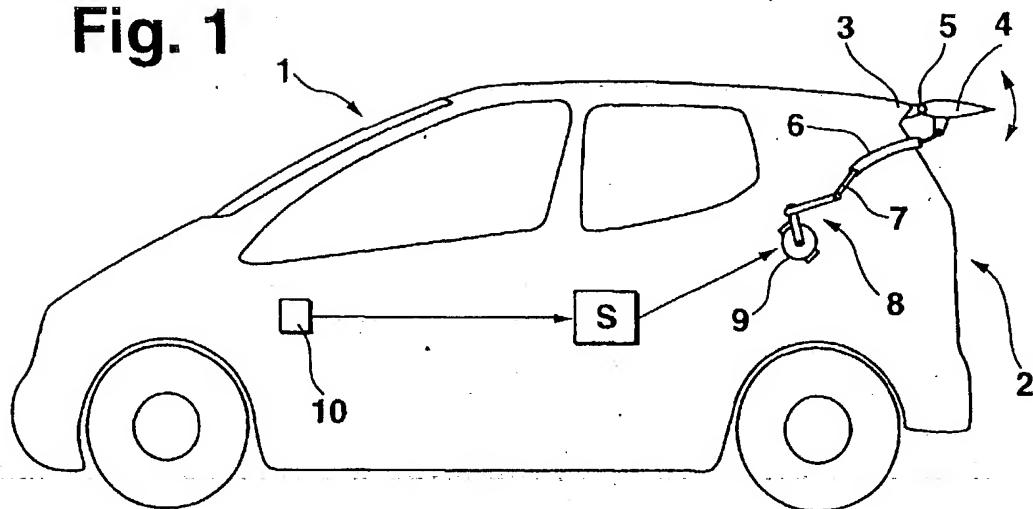
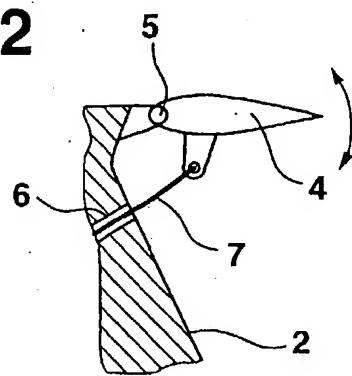
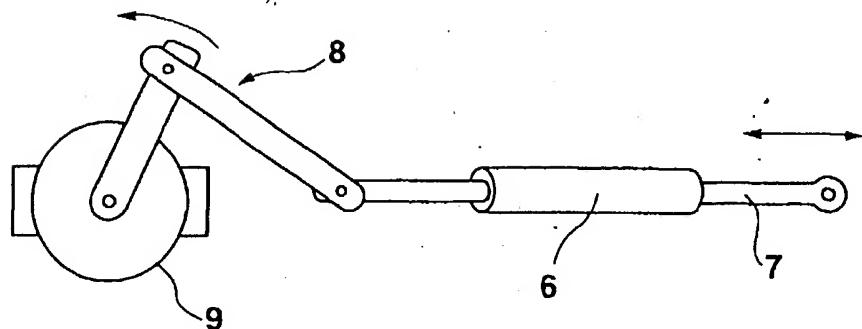
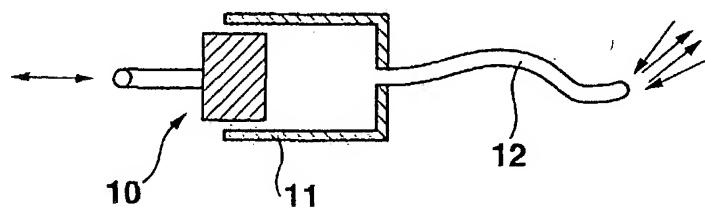
11. Kraftfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Strömungsbeeinflussungsmittel wenigstens ein beweglich gelagertes, formstabiles Luftleitelement vorgesehen ist.

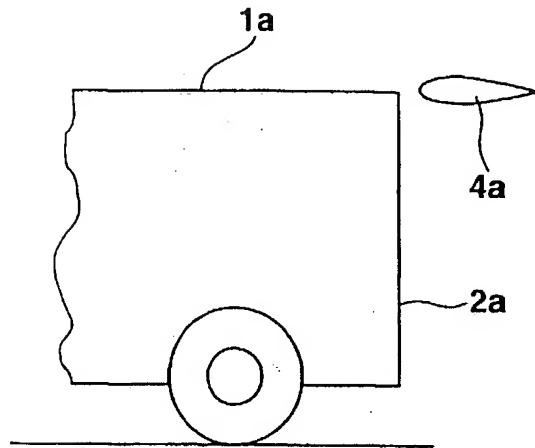
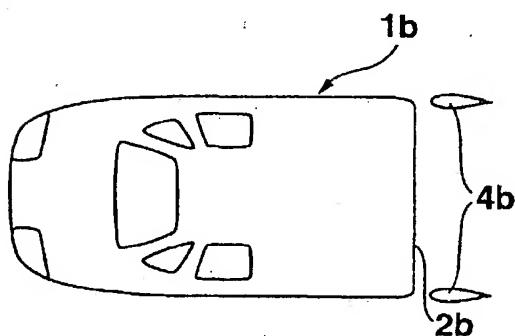
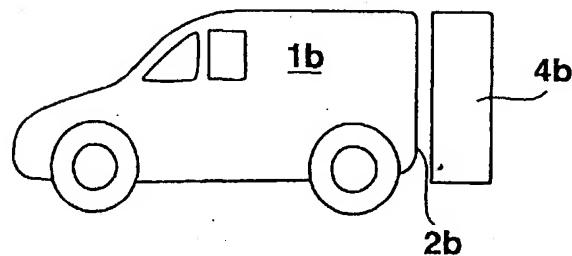
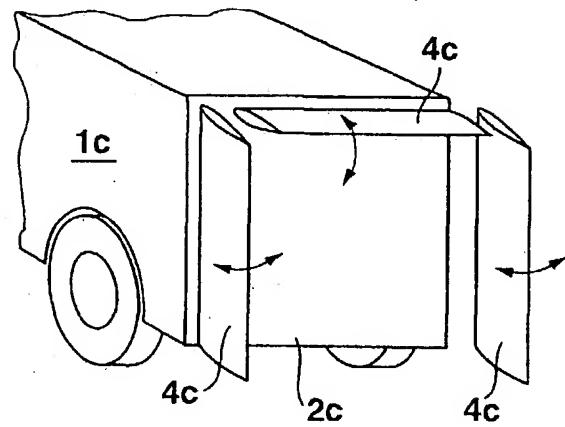
12. Kraftfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Strömungsbeeinflussungsmittel Ausblas- und/oder Ansaugvorrichtungen vorgesehen sind, deren Ausblas- und/oder Ansaugöffnungen in der Außenkontur integriert sind.

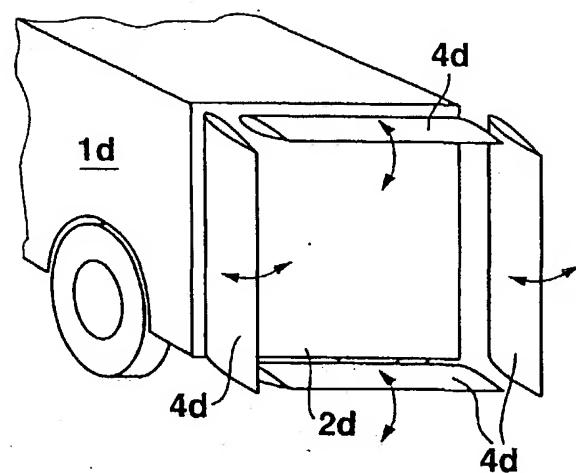
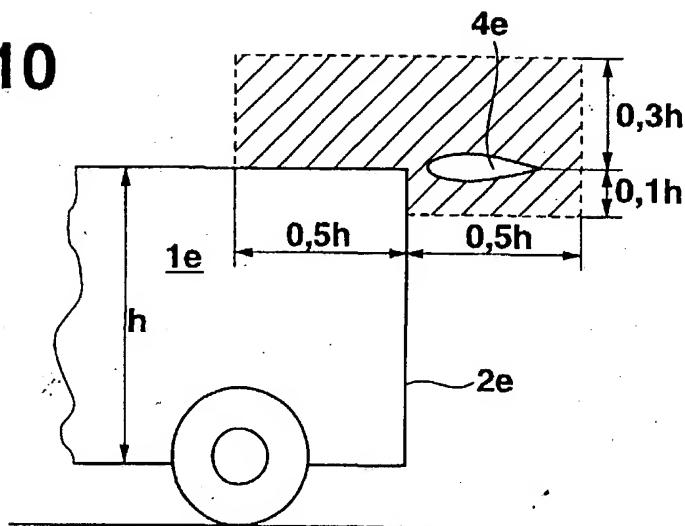
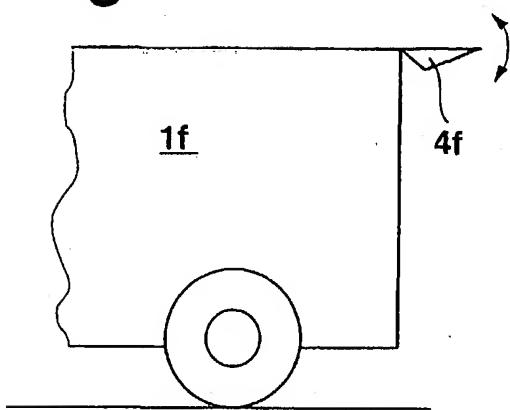
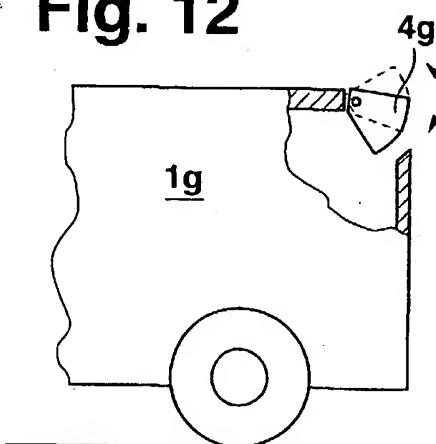
13. Kraftfahrzeug nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß den Ausblas- und/oder Ansaugvorrichtungen im Bereich der Außenkontur flexible Membranen zugeordnet sind.

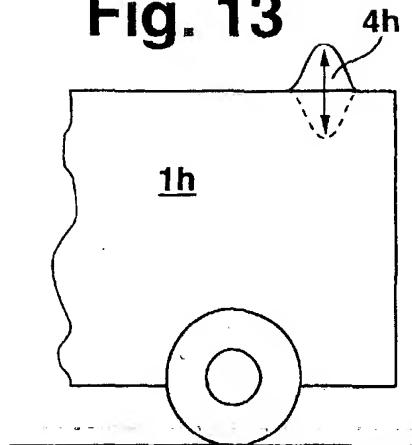
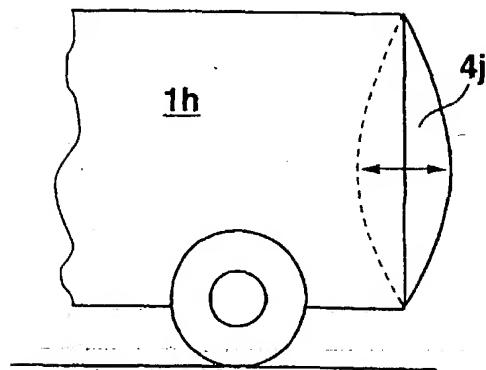
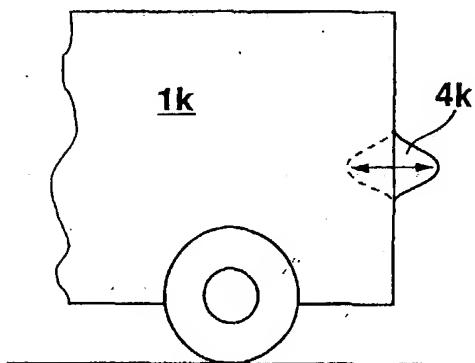
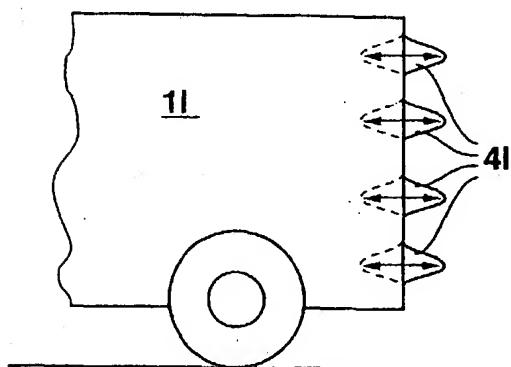
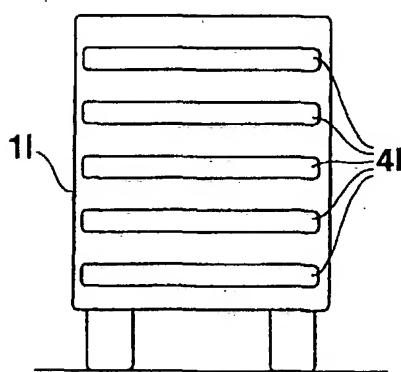
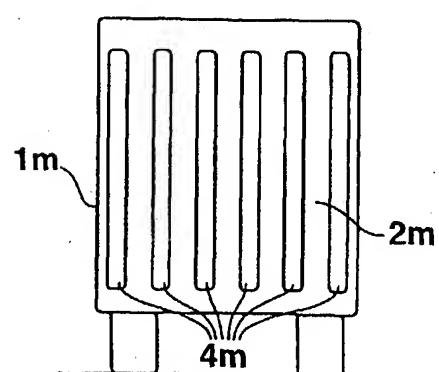
14. Vorrichtung zur Reduzierung des Luftwiderstandes eines Kraftfahrzeugs, dadurch gekennzeichnet, daß Strömungsbeeinflussungsmittel nach einem der vorhergehenden Ansprüche vorgesehen sind.

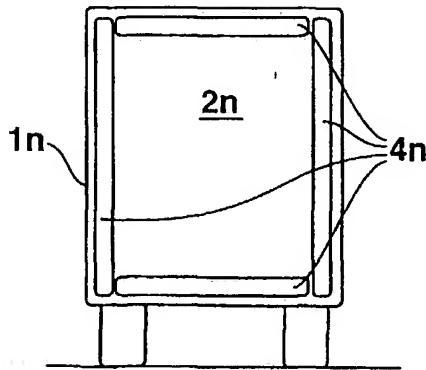
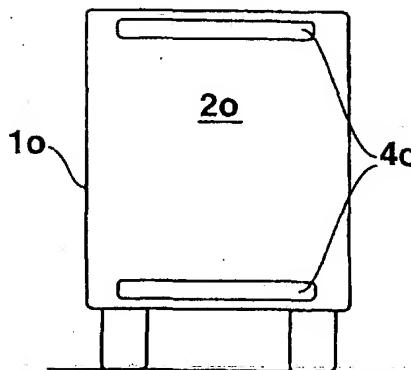
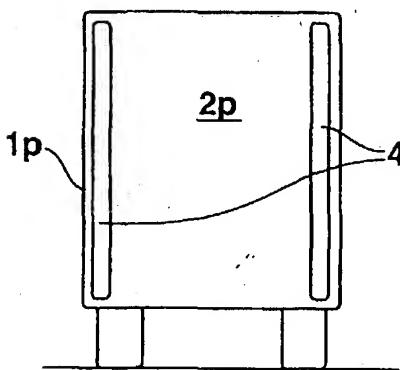
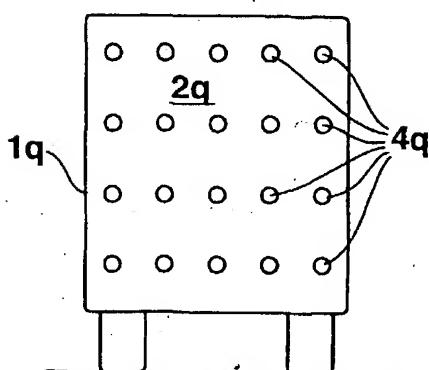
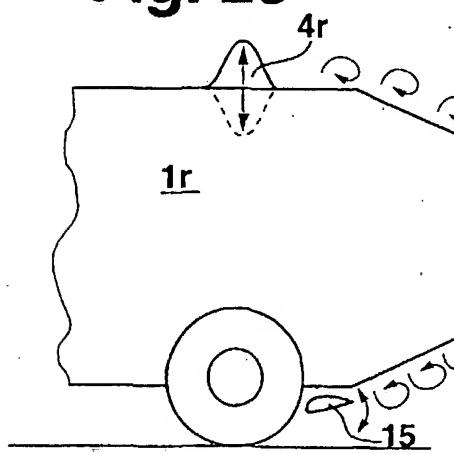
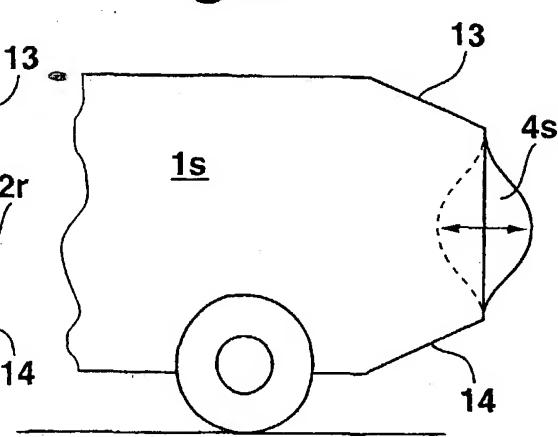
Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

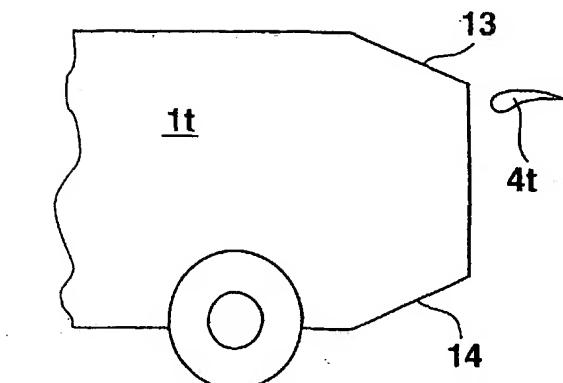
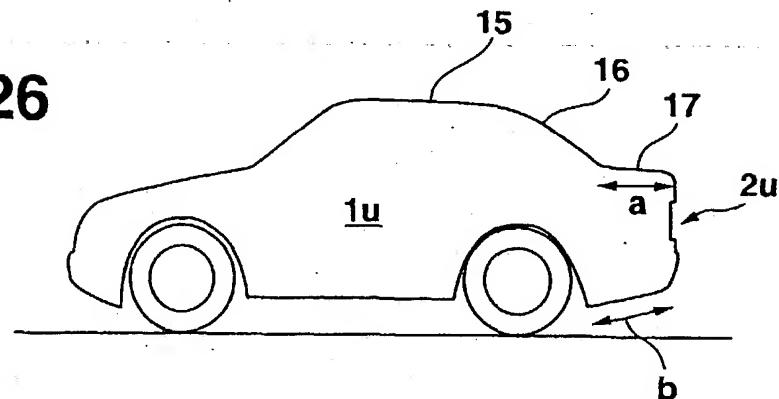
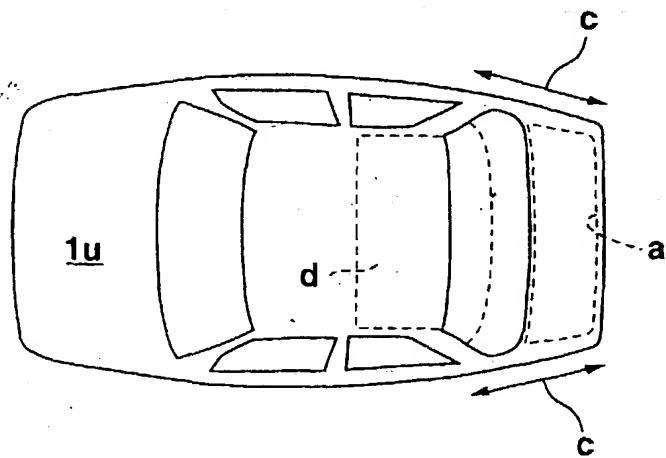
**Fig. 1****Fig. 2****Fig. 3****Fig. 4**

**Fig. 5****Fig. 6****Fig. 7****Fig. 8**

**Fig. 9****Fig. 10****Fig. 11****Fig. 12**

**Fig. 13****Fig. 14****Fig. 15****Fig. 16****Fig. 17****Fig. 18**

**Fig. 19****Fig. 20****Fig. 21****Fig. 22****Fig. 23****Fig. 24**

**Fig. 25****Fig. 26****Fig. 27****Fig. 28**